饲粮中添加番茄渣对育肥猪生长性能、胴体性状、肉品质和抗氧化能力的影响

李贝贝[1] 徐泽权[1] 李 涛[2] 于晨晨[2] 马 欣[2] 王子荣[2*]

（1.新疆农业大学动物科学学院，乌鲁木齐 830052；2.新疆农业大学食品科学与药学学院，乌鲁木齐 830052）

摘 要：本试验的目的是探讨饲粮中添加番茄渣对育肥猪生长性能、胴体性状、肉品质和抗氧化能力的影响。采用单因素试验设计，将 80 头平均体重为（95.20±3.95） kg 的“杜×长×大”三元杂交育肥母猪随机分成 4 组，每组 4 个重复，每个重复 5 头。对照组饲喂基础饲粮，TOP100 组、TOP200 组、TOP300 组分别饲喂基础饲粮+100 g/(头・d)番茄渣、基础饲粮+200 g/(头・d)番茄渣、基础饲粮+300 g/(头・d)番茄渣。预试期 3 d，正试期 37 d。结果显示：1）TOP100 组平均增重和日增重极显著高于其他 3 组（P＜0.01）。2）与对照组相比，TOP200 组的胴体重显著增加（P＜0.05）；TOP100 组的胴体长显著降低（P＜0.05）；TOP100 组、TOP200 组、TOP300 组的眼肌面积分别增加了 49.11%、46.82%、71.93%（P＜0.05）。3）与对照组相比，TOP200 组的肌肉红度值极显著升高(P＜0.01)，TOP100 组的肌肉蒸煮损失减少了 15.17%(P＜0.05)，TOP100 组、TOP200 组的肌肉离心失水率极显著降低(P＜0.01)。4）与对照组相比，TOP300 组的肝脏总抗氧化能力显著升高(P＜0.05)；TOP200 组的肝脏丙二醛含量显著降低(P＜0.05)；TOP300 组的肌肉总超氧化物歧化酶活性显著降低(P＜0.05)；TOP100 组、TOP200 组、TOP300 组的肌肉丙二醛含量显著降低(P＜0.05)。以上研究结果表明，饲粮中添加 100 g/(头・d)番茄渣能显著提高育肥猪的平均日增重且降低料重比，改善胴体性状和肉品质，并提高肝脏和肌肉抗氧化能力；此外，番茄渣在育肥猪饲粮中的添加量每天每头不宜超过 300 g。

关键词：番茄渣；生长性能；胴体性状；肉品质；抗氧化能力

收稿日期：2017-06-02

基金项目：持续性高温环境热应激条件下 PSE 猪肉成因与保鲜贮藏中品质演变机理解析（31460416）

作者简介：李贝贝（1993—），女，新疆库尔勒人，硕士研究生，研究方向为猪的营养分析。E-mail： 15099552807

*通信作者：王子荣，教授，博士生导师，E-mail：1509515071@qq.com

中图分类号：S816　文献标识码：A　文章编号：

近年来，随着人们生活水平及健康意识的提高，消费者对猪肉品质有了更高的需求，并且饲粮中的植物营养素对肉品质的调控已成当今动物营养研究的热点[1]。番茄作为新疆特色农业产业之一，2014 年产量约 847.47 万 t，主要做番茄酱出口，番茄渣是番茄制品生产时的副产品，含有丰富的蛋白质、矿物元素，番茄籽中含有优质的植物油，对动物生长发育起着重要的作用[2]。由于番茄渣水分含量达 80%，易产酸霉变，不易保存，严重影响适口性和营养价值。目前有效处理番茄渣、避免资源浪费和环境污染，是众学者急需解决的问题。

目前，番茄渣在食品中应用较少[3]，主要是作为动物饲料。国内外有关番茄渣作为饲料的研究报道较多，如：在育肥肉牛饲粮中添加番茄渣青贮，可提高增重，降低饲养成本[4]；饲喂番茄渣发酵饲料可提高新疆褐牛机体的抗氧化性能[5]；用番茄渣喂养雏肉鸡，可延长鸡肉的保质期[6]。从以上可以看出番茄渣是一种优质饲料原料，但番茄渣在猪饲养中应用的研究鲜有报道，因此，本试验通过在育肥猪饲粮中添加番茄渣，探讨其对育肥猪生长性能、胴体品质、肉品质和抗氧化能力的影响，同时为通过饲粮途径改善猪肉品质、生产优质猪肉提供科学依据和参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验用番茄渣是由新疆呼图壁县番茄酱厂提供的湿渣，经晾晒到水分含量＜10%，饲喂前番茄渣与基础饲粮需搅拌均匀。

1.2 试验动物与设计

试验采用单因子试验设计，选择 80 头平均体重为（95.20±3.95） kg 的“杜×长×大”（杜洛克×长白×大白）育肥母猪，随机分为 4 个组（每个组 4 个重复，每个重复 5 头猪）并打上耳号。对照组饲喂基础饲粮，TOP100 组、TOP200 组、TOP300 组分别饲喂基础饲粮+100 g/(头・d)番茄渣、基础饲粮+200 g/(头・d)番茄渣、基础饲粮+300 g/(头・d)番茄渣。预试期 3 d，正试期 37 d。

1.3 基础饲粮

基础饲粮为玉米-豆粕型饲粮，参照 NRC(2012)育肥猪营养需要配制，基础饲粮组成及营养水平见表 1，番茄渣和各组饲粮的营养水平见表 2。

表1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

原料 Ingredients	含量 Content	营养水平 Nutrient levels[2)]	含量 Content
玉米 Maize	72.75	消化能 DE/（MJ/kg）	3.42
麸皮 Bran	7.60	粗蛋白质 CP	14.54
豆粕 Soybean meal	14.50	钙 Ca	0.56
棉籽粕 Cottonseed meal	3.00	总磷 TP	0.51
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.50	有效磷 AP	0.23
石粉 Limestone	0.90	赖氨酸 Lys	0.85
食盐 NaCl	0.35	蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.43
赖氨酸盐酸盐 *L*-Lys·HCl	0.04	苏氨酸 Thr	0.51
预混料 Premix[1)]	0.36	色氨酸 Trp	0.15
合计 Total	100.00		

[1)]预混剂可为每千克饲粮提供Provided the following per kg of the diet：Fe 80 mg，Cu 6 mg，Mn 10 mg，Zn 70 mg，Se 0.3 mg，I 0.3mg,，VA 6 000 IU，VD_3 400 IU，VE 10 IU，VK 32 mg，VB_1 0.8 mg，VB_2 6.4 mg，VB_6 2.4 mg，VB_{12} 12 μg，叶酸 folic acid 0.2 mg，烟酸 nicotinic acid 14 mg，*D*-泛酸 *D*-pantothenic acid 10 mg。

[2)]营养水平均为计算值。Nutrient levels were calculated values.

表2 番茄渣和各组饲粮的营养水平（风干基础）

Table 2 Nutrient levels of tomato residue and diets of different groups (air-dry basis) %

项目 Items	番茄渣 Tomato pomace	饲粮 Diets			
		对照组 Control group	TOP100 组 Group TOP100	TOP200 组 Group TOP200	TOP300 组 Group TOP300
水分	8.29	9.21	9.11	9.09	9.17

Moisture					
粗蛋白质 CP	15.32	14.54	14.35	15.29	15.36
粗脂肪 EE	7.19	18.87	14.81	16.00	16.72
粗纤维 CF	11.69	1.95	1.72	2.77	3.28
粗灰分 Ash	1.04	9.07	4.88	4.49	5.06

1.4 饲养管理

试验地点为新疆天康石河子育肥猪养殖场。试验期间各组饲养管理条件一致，采取自由采食、饮水，每日 2 次（10:00、19:00）喂料。试验各组的饲粮每天结算，粪便每天打扫 1 次，及时通风换气、调整温湿度。每天记录采食量和腹泻情况，并按照猪场常规消毒。

1.5 样品采集及测定方法

1.5.1 生长性能

在试验开始前和结束后，称量各组猪的空腹体重，记录并算出各组的总增重；根据试验期间各组的总采食量，计算各组平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）以及料重比（F/G）。

料重比=各组的总采食量/各组的总增重。

1.5.2 胴体性状

饲养试验结束后，每个组随机挑选体重与各组平均体重相近的育肥猪 6 头进行屠宰试验。屠宰前禁食 24 h，自由饮水，宰前称活体重。经放血、烫毛和脱毛后，切除头、蹄、尾后开膛，去除内脏（保留板油和肾脏），称量胴体重，然后从尾根到颈部沿背中线垂直劈半，取左侧胴体，测定胴体长、背膘厚、眼肌面积等胴体指标。胴体指标测量与计算方法依照 NY/T 825-2004《瘦肉型猪胴体性状测定技术规范》。

1.5.3 肉品质测定

1.5.3.1 肉色

在宰后 45 min 时取背最长肌横断面，置于色差仪上测定亮度（L*）值、红度(a*)值和黄度（b*）值，记录读数；旋转比色杯，重复 3 次取平均值。

1.5.3.2 pH

在宰后 45 min 时在背最长肌表面切开切口，使用便携式 pH 计测定 $pH_{45\ min}$，24 h 后测定 $pH_{24\ h}$。每个肉样连续测定 3 次，取平均值。

1.5.3.3 蒸煮损失

取背最长肌 50 g 左右称重记为（W_1），剔除肉表面的筋、腱、膜及脂肪。将肉样放入 80 ℃的恒温水浴锅中加热，待肉样中心温度达到 70 ℃时将肉样取出，中心温度冷却到 0~4 ℃时，称重记为（W_2）。

蒸煮损失（%）=100×（W_1-W_2)/W_1。

1.5.3.4 离心失水率

离心失水率参照郭守立等[7]的方法测定。

1.5.3.5 剪切力

参考 NY/T 1180 温 2006《肉嫩度的测定剪切力测定法》测定剪切力;

1.5.3.6 营养成分含量

取背最长肌样品，采用凯氏定氮法（GB 5009.5-2016）测定粗蛋白质含量粗；索氏萃取法（GB 5009.6-2016）测定粗脂肪含量；105 ℃烘干法（GB 5009.3-2016）测定干物质含量；550 ℃灼烧法(GB5009.4-2016)测定粗灰分含量。

1.5.4 肝脏和肌肉抗氧化指标

测定肝脏和肌肉中总超氧化物歧化酶（SOD）、谷胱甘肽（GSH）活性和丙二醛（MDA）含量以及总抗氧化能力（T-AOC）。采样及前处理参照晁娅梅等[8]的方法，测定具体方法依照南京建成生物工程的试剂盒说明进行。

1.6 数据统计分析

试验数据采用 Excel 2007 整理，利用 SPSS 17.0 软件对 4 组数据进行单因素方差分析，并采用 LSD 法进行组间多重比较，以 $P<0.05$ 为差异显著，$P<0.01$ 为差异极显著。试验结果以“平均值±标准误”表示。

2 结 果

2.1 饲粮中添加番茄渣对育肥猪生长性能的影响

由表 3 可知，TOP300 组的平均末重极显著低于其他 3 组（$P<0.01$），比对照组低 5.9%；与对照组相比，TOP100 组平均增重和平均日增重极显著增加（$\boldsymbol{P}<0.01$）；4 个组

在平均增重和平均日增重表现出相似的变化趋势，即 TOP100 组＞TOP200 组＞对照组＞TOP300 组。TOP100 组和 TOP200 组的平均日采食量极显著高于其他 2 组（*P*＜0.01）；TOP300 组的料重比显著高于其他组（*P*＜0.05），其他各组间差异不显著（*P*＞0.05），TOP100 组的料重比与对照组相比降低 11.03%。

表 3 饲粮中添加番茄渣对育肥猪生长性能的影响

Table 3 Effects of tomato residue supplementation on growth performance of finishing pigs

项目 Items	对照组 Control group	TOP100 组 Group TOP100	TOP200 组 Group TOP200	TOP300 组 Group TOP300
平均始重 Average body weight/kg	97.50±3.21	93.93±1.32	99.11±1.54	90.25±1.04
平均末重 Final body weight/kg	127.40±3.21^{Aa}	126.50±2.71^{Aa}	128.77±3.19^{Aa}	119.88±3.31^{Bb}
平均增重 Average weight gain/kg	29.90±3.75^{Aa}	32.57±2.47^{Bb}	29.67±2.69^{Aa}	29.63±3.16^{Aa}
平均日增重 ADG/g	808.11±0.10^{Aa}	880.31±0.07^{Bb}	801.80±0.07^{Aa}	800.68±0.09^{Aa}
平均日采食量 ADFI/kg	2.71±0.21^{Aa}	3.20±0.16^{Bb}	3.20±0.16^{Bb}	2.71±0.10^{Aa}
料重比 F/G	4.08±0.47^{a}	3.63±0.12^{a}	4.29±0.29^{a}	4.17±0.83^{b}

同行数据肩标相同小写字母或无字母表示差异不显著(*P*＞0.05)，不同小写字母表示差异显著(*P*＜0.05)，不同大写字母表示差异极显著(*P*＜0.01)。下表同。

In the same row, values with the same small letter or no letter superscripts mean no significant difference (*P*＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (*P*＜0.05), while with different capital letters mean significant difference (*P*＜0.01). The same as below .

2.2 饲粮中添加番茄渣对育肥猪胴体性状的影响

由表 4 可知，与对照组相比，TOP200 组的胴体重显著增加（*P*＜0.05），其他组无显著变化(*P*＞0.05)，TOP200 组与其他 2 组间也存在显著差异（*P*＜0.05）；TOP100 组的胴体长显著低于对照组（*P*＜0.05）；添加番茄渣的 3 组的眼肌面积均显著高于对照组（*P*＜0.05），且 TOP100 组、TOP200 组、TOP300 组分别较对照组增加了 49.11%、46.82%、71.93%；TOP300 组臀部膘厚与对照组相比增加了 13.98%，但差异不显著(*P*＞0.05)。饲粮

中添加不同量的番茄渣对育肥猪屠宰率、肩部膘厚、腰部膘厚、平均背膘厚的影响不显著(P＞0.05)。

表 4 饲粮中添加番茄渣对育肥猪胴体性状的影响

Table 4 Effects of tomato residue supplementation on carcass traits of finishing pigs

项目 Items	对照组 Control group	TOP100 组 Group TOP100	TOP200 组 Group TOP200	TOP300 组 Group TOP300
胴体重 Carcass weight/kg	98.88±3.19[a]	100.16±1.09[a]	106.41±2.09[b]	97.85±2.87[a]
胴体长 Carcass length/cm	87.75±1.03[a]	84.82±0.51[b]	86.71±1.07[ab]	85.75±0.25[ab]
屠宰率 Dressing percentage/％	77.67±0.02	78.52±0.01	80.05±0.01	78.05±0.03
眼肌面积 Loin eye area/cm^2	23.58±2.31[a]	35.16±2.03[b]	34.62±3.41[b]	40.54±3.39[b]
肩部膘厚 Shoulder fat thickness/cm	2.43±0.13	2.18±0.15	2.52±0.21	2.82±0.24
腰部膘厚 Waist fat thickness/cm	2.13±0.43	2.00±0.15	2.33±0.11	2.21±0.12
臀部膘厚 Hip fat thickness/cm	3.72±0.32	3.93±0.19	4.05±0.22	4.24±0.42
平均背膘厚 Average back fat thickness/cm	2.78±0.26	2.66±0.13	2.89±0.09	3.03±0.32

2.3 饲粮中添加番茄渣对育肥猪肉品质的影响

由表 5 可知，与对照组相比，添加番茄渣的 3 组肌肉的 $pH_{45\ min}$、$pH_{24\ h}$ 均有所下降，但差异不显著(P＞0.05)；TOP200 组肌肉的 a*值极显著升高(P＜0.01)；添加番茄渣的 3 组肌肉的 L*、b*值都有所增加，但差异不显著(P＞0.05)。TOP100 组肌肉的蒸煮损失显著低于对照组(P＜0.05)，比对照组降低了 15.17%；TOP100 组、TOP200 组肌肉的离心失水率较对照组极显著降低(P＜0.01)；TOP100 组肌肉的剪切力与对照组相比降低了 13.85%，但差异不显著(P＞0.05)；TOP200 组肌肉的粗脂肪含量与对照组相比减少了 22.73%，但差异不显著(P＞0.05)。饲粮中添加不同量的番茄渣对育肥猪肌肉的干物质、粗蛋白质、粗灰分含量无显著影响(P＞0.05)。

表 5 饲粮中添加番茄渣对育肥猪肉品质的影响

Table 5 Effects of tomato residue supplementation on meat quality of finishing pigs

项目	对照组	TOP100 组	TOP200 组	TOP300 组

Items	Control group	Group TOP100	Group TOP200	Group TOP300
$pH_{45\ min}$	6.62±0.09	6.52±0.08	6.39±0.13	6.31±0.29
$pH_{24\ h}$	5.81±0.03	5.77±0.16	5.75±0.41	5.75±0.27
亮度值 L* value	39.47±0.74	38.41±0.77	41.37±2.27	41.54±2.71
红度值 a* value	8.31±0.41^{Aa}	9.15±0.15^{Aa}	12.34±0.28^{Bb}	9.45±0.94^{Aa}
黄度值 b* value	5.56±0.24	5.00±0.19	6.33±0.52	6.69±0.63
蒸煮损失 Cooking loss/%	48.64±0.02^{a}	41.26±0.02^{b}	45.53±0.02^{ab}	43.45±0.03^{ab}
离心失水率 Loss rate of centrifugal water/%	57.19±0.21^{Aa}	37.60±0.01^{Bb}	37.68±0.02^{Bb}	39.80±0.02^{ABab}
剪切力 Shear force/(kg/cm^2)	6.86±0.81	5.91±0.27	6.44±0.54	6.95±0.95
干物质含量 DM content/%	29.19±0.01	27.47±0.03	27.88±0.03	31.38±0.02
粗蛋白质含量 CP content/%	22.77±0.32	22.69±0.17	21.65±0.22	21.60±0.15
粗脂肪含量 EE content/%	16.06±0.05	15.42±0.03	12.41±0.02	16.46±0.03
粗灰分含量 Ash content/%	5.31±0.01	5.89±0.01	5.23±0.01	4.99±0.01

2.4 饲粮中添加番茄渣对育肥猪肝脏和肌肉抗氧化指标的影响

由表 6 可知，与对照组相比，TOP300 组的肝脏 T-AOC 显著增加(P＜0.05)；TOP200 组的肝脏 MDA 含量显著减少(P＜0.05)；TOP300 组的肝脏 GSH 含量增加了 20.62%(P＞0.05)；各组的肝脏 T-SOD 或许有不同程度升高，但差异均不显著(P＞0.05)。TOP300 组的肌肉 T-SOD 活性较其他 3 组显著降低(P＜0.05)；添加番茄渣的 3 组的肌肉 MDA 含量均较对照组极显著下降(P＜0.01)，但添加番茄渣的 3 组间差异不显著(P＞0.05)；TOP200 组的肌肉 GSH 含量与对照组相比增加了 11.4%，但差异不显著(P＞0.05)。

表 6 饲粮中添加番茄渣对育肥猪肝脏和肌肉抗氧化指标的影响

Table 6 Effects of tomato residue supplementation on antioxidant indices in liver and muscle of finishing pigs

项目 Items		对照组 Control group	TOP100 组 Group TOP100	TOP200 组 Group TOP200	TOP300 组 Group TOP300
肝脏	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot）	1.35±0.03^{a}	1.36±0.02^{a}	1.42±0.03^{a}	1.49±0.06^{b}
	总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot）	162.05±0.33	167.53±0.10	171.92±0.15	168.23±0.09

Liver	谷胱甘肽 GSH/(mg/g prot)	43.69±0.12	47.01±0.03	52.51±0.17	52.70±0.31
	丙二醛 MDA/(nmol/mg prot）	1.83±0.04^{a}	1.62±0.05^{a}	1.55±0.05^{b}	1.74±0.12^{a}
肌肉 Muscle	总抗氧化能力 T-AOC/(U/mg prot）	0.45±0.09	0.45±0.03	0.51±0.21	0.44±0.15
	总超氧化物歧化酶 T-SOD/(U/mg prot）	8.46±2.01^{a}	9.66±0.33^{a}	8.34±1.07^{a}	7.03±1.97^{b}
	谷胱甘肽 GSH/(mg/g prot)	4.21±0.21	4.33±0.07	4.69±0.11	4.63±0.08
	丙二醛 MDA/(nmol/mg prot）	0.41±0.02^{Aa}	0.25±0.02^{Bb}	0.21±0.01^{Bb}	0.19±0.05^{Bb}

3 讨 论

3.1 饲粮中添加番茄渣对育肥猪生长性能的影响

王文奇等[9]研究表明，饲粮中添加番茄渣（风干物质）后绵羊的平均日增重和料重比均有显著提高。陈亮等[4]研究表明，饲粮添加番茄渣对肉牛的平均日增重、料重比和经济效益都有提高。黄彪等[10]报道，饲粮添加番茄渣使蛋鸡的产蛋量、产蛋总重分别增加了2.7%、4.1%。本试验结果表明，饲粮中添加 100 g/(头・d)番茄渣极显著提高了育肥猪的平均日增重，并降低了料重比，200 g/(头・d)番茄渣的作用次之，300 g/(头・d)番茄渣试验结果与对照组无显著差异。这可能是因为干燥后番茄渣中水分含量降低，同时酸度大幅度降低，且番茄渣有香甜味，猪喜食甜食，提高了饲粮的适口性，导致采食量增长，增重也随之增长，但随着番茄渣添加量的增加，采食速度减慢，是因为番茄渣中粗纤维含量高[11]，导致胃中丙酸含量过高产生饱腹[12]，导致采食量减少，所以番茄渣的添加要适量。为使番茄渣作为育肥猪饲料原料更准确和实用，最适添加量还需要在 100 和 200 g/(头・d)间进一步详细探讨研究。

3.2 饲粮中添加番茄渣对育肥猪胴体性状的影响

本试验结果表明，饲粮中添加 100 g/(头・d)番茄渣显著降低育肥猪的胴体长，TOP300 组的屠宰率、胴体重与对照组相比分别提高了 3.01%、7.62%。可以看出，番茄渣对育肥猪胴体性状有一定的改善作用，但是改善结果并不理想，也从侧面说明了番茄渣的代谢产物对育肥猪的生长没有不良影响。目前，有关番茄渣对猪胴体性状影响的研究未见报道，但关于其他糟渣类饲料对猪胴体性状影响的报道较多。欧肇林等[13]试验表明，当饲粮中木薯

渣添加量为 6%时，对隆林黑猪的胴体重、净肉率、肉骨比以及背膘厚有一定的影响但差异不显著。张文克等[14]的研究发现，发酵花生壳对育肥猪的胴体重、屠宰率、背膘厚度、眼肌面积的影响均不显著。上述研究结果出现的原因可能是饲粮因素对动物体组成及可食部分比例的影响较小，据报道，影响猪胴体性状的因素很多，如品种、性别、年龄、营养水平等；又因胴体性状的遗传力较高，故营养水平对其影响力较小[15]。本试验结果与这一结论相符。

3.3 饲粮中添加番茄渣对育肥猪肉品质的影响

肌肉的 pH 可用来评测肉品质[16]。猪屠宰后在缺氧条件下肌糖原、脂肪进行无氧酵解代谢产生大量乳酸，造成 pH 下降、肉色变淡等现象[17]。本试验结果显示，育肥猪肌肉 pH 在宰后 45 min 和 24 h 时各组数值都有下降，且添加番茄渣的 3 组比对照组下降的慢，结果与上述结论相符，下降缓慢的原因可能是因为番茄红素是一种极强的抗氧剂，能够提高动物机体的免疫力，保护吞噬细胞免受自身的氧化损伤，清除代谢产物（如乳酸）[18]，杨静等[19]报道了桑粉可以减缓育肥猪宰后肌肉 pH 的下降；与对照组差异不显著的原因一方面是宰前运输过程的应激反应过大，另一方面是番茄红素在体内的吸收和利用的效果不理想。与对照组相比，肌肉 a*值先上升后下降，TOP200 组极显著升高；添加番茄渣的 3 组的肌肉 L*和 b*值都是先下降后升高，但与对照组差异不显著。番茄渣中番茄红素含有丰富的叶黄素[20]，被猪吸收后加重红色，在蛋鸡[10]和巴美肉羊[18]上有相似的研究结果。离心失水率、蒸煮损伤和剪切力是对肌肉嫩度的评测。饲粮中添加 100 和 200 g/(头・d)番茄渣后肌肉离心失水率极显著下降；随着番茄渣添加量的增加，肌肉的剪切力呈先下降后上升的趋势，说明番茄渣可显著提高猪肉的嫩度，并对番茄渣中营养物质吸收的表达达到了阈值；饲粮中添加番茄渣对肌肉的蒸煮损失无显著影响，这可能是由于抗氧化剂对宰后熟化的肌肉无显著影响[21]。TOP200 组肌肉的粗脂肪含量与对照组相比减少了 22.73%，与兰翠英等[22]报道结果一致，番茄渣中的活性功能成分可能降低了肌肉中甘油三酯含量，但对肌肉中粗蛋白质、粗灰分等含量无显著影响。从上述讨论中可以得出，饲粮中添加 100 和 200 g/(头・d)番茄渣可改善育肥猪的肉品质。

3.4 饲粮中添加番茄渣对育肥猪肝脏和肌肉抗氧化能力的影响

动物宰后肌肉的氧化速度和程度取决于动物机体的抗氧化能力，T-AOC、T-SOD、GSH、MDA 都是在机体自由基代谢过程中，通过数值大小直接或间接的表示抗氧化系统功能状况的指标[23]。本试验中育肥猪的肝脏和肌肉中 T-SOD 活性、T-AOC 和 GSH 含量都有升高，MDA 含量则有降低。由于动物屠宰后抗氧化酶逐渐变性丧失活性，因此肌肉内非酶抗氧化剂的含量在阻止肌肉氧化中发挥更重要的作用[21]。番茄皮渣中含有大量的番茄红素，番茄红素在体内参与抗氧化和调节内源性抗氧化酶系活性[24]，有一定的还原力和较强的自由基清除能力[25]。研究发现，饲粮中添加番茄红素后增强机了小鼠机体抗氧化系统能力和免疫能力[26]；饲粮中添加番茄红素提高了肉羊背最长肌中抗氧化剂的含量，从而延缓了肉色的变化[18]。上述研究结果与本试验结果相一致，饲粮中添加番茄红素后肝脏和肌肉中 T-SOD 活性、T-AOC 和 GSH 含量增加不显著可能是由于抗氧化剂沉积到肌肉和肝脏时经历了一些代谢转化，大部分抗氧化剂被损耗。本试验结果显示，饲粮中添加番茄渣能提高育肥猪肝脏和肌肉的抗氧化能力。

4 结 论

饲粮中添加 100 g/(头·d)番茄渣能显著提高育肥猪的平均日增重且降低料重比，改善胴体性状和肉品质，并提高肝脏和肌肉抗氧化能力；此外，番茄渣在育肥猪饲粮中的添加量每天每头不宜超过 300 g。

参考文献:

[1] 张书信,潘晓亮,王振国,等.番茄酱渣饲用价值的研究进展[J].家畜生态学报,2011,32(1):94–97.

[2] 马长丽,何严峰.浅谈番茄渣在饲料中的开发应用[J].中国畜禽种业,2013,9(10):40–41.

[3] LAVELLI V,TORRESANI M C.Modelling the stability of lycopene-rich by-products of tomato processing[J].Food Chemistry,2011,125(2):529–535.

[4] 陈亮,张凌青,马振敏,等.添加不同比例番茄渣青贮对肉牛育肥效果的影响[J].安徽农业学,2013,41(6):2511–2512,2528.

[5] 赵芸君,李雪红,张扬,等.番茄渣发酵饲料对新疆褐牛血清、乳清抗氧化性及免疫球蛋白含量的影响[J].中国畜牧兽医,2011,38(12):9–12.

[6] 刘正兴,张自清,梁西侠,等.西红柿渣饲喂肉鸡以延长鸡肉保质期的效果试验[J].养殖技术问,2006(8):22.

[7] 郭守立,候良忠,郭晓峰,等.猪宰后不同部位白肌肉与正常肉品质变化、能量代谢的差异[J].肉类研究,2016,30(6):19–24.

[8] 晁娅梅,陈代文,余冰,等.茶多酚对育肥猪生长性能、抗氧化能力、胴体品质和肉品质的影响[J].动物营养学报,2016,28(12):3996–4005.

[9] 王文奇,侯广田,罗永明,等.不同番茄渣饲喂水平对绵羊生长性能和瘤胃发酵的影响[J].中国草食动物科学,2014(S1):237–241.

[10] 黄彪,戴斌彬.干番茄渣在蛋鸡饲料中的应用[J].饲料广角,2009(15):41–43.

[11] 刘利林,秉学红.番茄渣饲用价值的开发利用进展[J].中国畜牧杂志,2014,50(24):78–81.

[12] LEUVENINK H G,BLEUMER E J,BONGERS L J,et al.Effect of short-term propionate infusion on feed intake and blood parameters in sheep[J].American Journal of Physiology,1997,272(6):E997–E1001.

[13] 欧肇林,谢炳坤,陈宝剑,等.发酵木薯渣对隆林黑猪屠宰性能和胴体品质的影响[J].现代农业科技,2016(14):250–251,254.

[14] 张文克,于德海,刘宝毅,等.发酵花生壳对育肥猪生产性能、胴体性状、肉品质及经济效益的影响[J].中国畜牧兽医,2015,42(5):1145–1151.

[15] 曾勇庆,王根林,魏述东,等.含不同比例莱芜猪血缘杂交猪胴体品质及肉质特性的研究[J].遗传,2005,27(1):65–69.

[16] 沈林園,郑梦月,张顺华,等.猪屠宰后 pH 变化对肉品质的影响[J].猪业科学,2013(4):114–115.

[17] 刘瑞生.中草药提高猪肉品质的研究进展[J].养猪,2014(5):11–16.

[18] 蒋红琴.番茄红素对巴美肉羊肉品质的影响及其抗氧化机理研究[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2015.

[19] 杨静,李同洲,曹洪战,等.不同水平饲用桑粉对育肥猪生长性能和肉质的影响[J].中国畜牧杂志,2014,50(7):52–56.

[20] 关文超,杨裕,卜鸿静.值得开发利用的好饲料——番茄渣及番茄红素[J].饲料广角,2014(5):42–44.

[21] 张玉伟,罗海玲,贾慧娜,等.肌肉系水力的影响因素及其可能机制[J].动物营养学报,2012,24(8):1389–1396.

[22]兰翠英,董国忠,黄先智,等.桑叶粉对肉鸡生长性能和屠宰性能及肉质的影响[J].中国畜牧杂志,2012,48(13):27–31.

[23] LI Q D,SHAN A S,MA D Y,et al.Effect of *Ligustrum*,Schism and achiness and most on antioxidant status and blood biochemical parameters of broilers[J].Acta Zoo Nutria Mend Sonica,2005,17:45–48.

[24] 范远景,黄璐.番茄红素吸收与体内抗氧化的机理研究[J].食品科学,2007,28(11):545–548.

[25] 赵娟娟.番茄红素的抗氧化活性研究[J].食品科技,2010(7):62–65.

[26] 孙杰,胡奇,李世芬,等.番茄红素的安全性评价及对小鼠免疫功能的影响[J].食品科学,2015,36(0):170–175.

Effects of Tomato Pomace Supplementation on Growth Performance, Carcass Traits, Meat Quality and Antioxidant Capacity of Finishing Pigs

LI Beibei[1] XU Zequan[1] LI Tao[2] YU Chenchen[2] MA Xin[2] WANG Zirong[2*]

（1. *College of Animal Science*, *Xinjiang Agricultural University*, *Urumqi* 830052, *China*; 2. *College of Food Science and Medicine*, *Xinjiang Agricultural University*, *Urumqi* 830052, *China*）

Abstract: This study aimed to discuss the effects of tomato pomace supplementation on growth performance, carcass traits, meat quality and antioxidant capacity of finishing pigs. A single factor design was adopted in this experiment. Eight Dorok×Landrace×Yorkshire crossbreeding-finishing pigs with the average body weight of (95.20±3.95) kg were randomly assigned into four groups, and each group has 4 replicates and 5 pigs in each replicate. Pigs in control group were fed a basal diet, and pigs in TOP100 group, TOP200 group and TOP300 group were fed basal diet+100 g/(pig • d), basal diet+200 g/(pig • d) and basal diet+300 g/(pig • d), respectively. The length of pre-feeding was 3 days, and the length of formal feeding was 37 days. The results

---

*Correponding author, professor, E-mail： 1509515071@qq.com (责任编辑 菅景颖)

showed as follows: 1) the average weight gain and average daily gain of the TOP100 group was significantly higher than those of the other groups ($P<0.01$). 2) Compared with the control group, the carcass weight of the TOP200 group was significantly increased ($P<0.05$), the carcass length of the TOP100 group was significantly decreased ($P<0.05$), and the eye muscle area of the TOP100 group, TOP200 group and TOP300 group was increased by 49.11%, 46.82% and 71.93%, respectively （$P<0.05$）. 3) Compared with the control group, the muscle redness (a*) value of the TOP200 group had a significant rise ($P<0.01$), the muscle cooking loss of the TOP100 group was decreased by 15.17% ($P<0.05$), and the muscle loss rate of centrifugal water of TOP100 group and TOP200 group was significantly declined ($P<0.01$). 4) Compared with the control group, the liver total antioxidant capacity (T-AOC) of the TOP300 group was significantly increased ($P<0.05$), the liver malondialdehyde (MDA) content of the TOP200 group was significantly decreased ($P<0.05$), the muscle total superoxide dismutase (T-SOD) activity of the TOP300 group was significantly decreased ($P<0.05$), and the muscle MDA content of the TOP100 group, TOP200 group and TOP300 group was significantly decreased ($P<0.05$). The results indicated that supplemented with 100 g/(pig • d) tomato pomace in the diet can significantly improve the average daily gain of fattening pigs, decrease the feed/gain, improve carcass traits and meat quality, and enhance the antioxidant capacity of liver and muscle. Moreover, the addition of tomato pomace in the diet should be no more than 300 g/(pig • d).

Key words: tomato pomace; growth performance; carcass traits; meat quality; antioxidant capacity